

09/786210

PCT/EP

99/06309

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

EP 99/06309

EV

REC'D 20 OCT 1999	
WIPO	PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



Bescheinigung

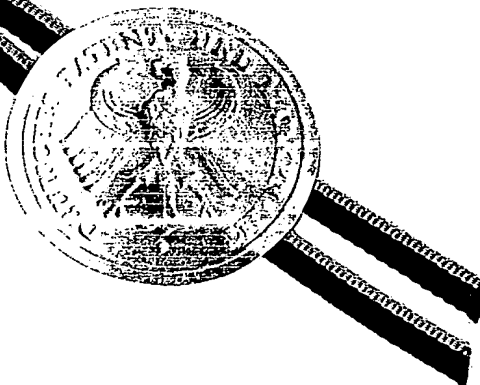
Die Siemens Aktiengesellschaft in München/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren und Vorrichtung zur Anpassung einer Übertragungsdatenrate oder einer Sendeleistung an die Übertragungsqualität eines Übertragungskanals"

am 28. August 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol H 04 L 27/00 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.



München, den 31. August 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Dzierzon

Aktenzeichen: 198 39 306.7

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Anpassung einer Übertragungs-
datenrate oder einer Sendeleistung an die Übertragungs-
5 qualität eines Übertragungskanals

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Anpassung einer
Übertragungsdatenrate oder Sendeleistung an die Übertragungs-
10 qualität eines Übertragungskanals.

Der Bedarf an digitalen Übertragungssystemen ist in den
letzten Jahrzehnten sprunghaft angestiegen. Digitale Übertra-
gungssysteme werden allgemein in die in Fig. 1 gezeigten
15 Funktionseinheiten gegliedert. Eine Nachrichtenquelle 1
erzeugt Information, die von einem Sender über einen Übertra-
gungskanal 4 zu einem Empfänger übertragen wird. Die Eigen-
schaften der zu übertragenden Information hängen von der
Nachrichtenquelle ab. Zu übertragende Nachrichten können zum
20 Beispiel ein Audiosignal oder ein Videosignal sein. Dabei
übertragen analoge Übertragungssysteme analoge Signale, die
von analogen Nachrichtenquellen erzeugt wurden, direkt über
den Übertragungskanal unter Verwendung herkömmlicher analoger
Modulationsverfahren. Solche Modulationsverfahren sind z.B.
die Amplitudenmodulation, die Frequenzmodulation oder die
Phasenmodulation. In digitalen Übertragungssystemen wird die
zu übertragende Information in eine Folge binärer Ziffern
umgewandelt. Um die Kapazität des Kanals möglichst gut
ausnutzen zu können, sollte die zu übertragende Nachricht mit
30 so wenig binären Ziffern wie nötig dargestellt werden. Zu
diesem Zweck wird ein Quellencodierer verwendet, der die Auf-
gabe hat, die zu übertragenden Nachrichten in Folgen von
Signalwerten umzusetzen und zu codieren, so daß sie der Kanal
übertragen kann. Dabei versucht der Quellencodierer die zu
35 übertragenden Nachrichten möglichst effizient in binäre

Ziffern umzuwandeln.

Die Folge der von dem Quellencodierer erzeugten binären Ziffern wird von dem Kanal zu dem Empfänger übertragen. Ein
5 solcher tatsächlicher Kanal kann beispielsweise aus einer Leitungsverbindung, einem Koaxialkabel, einem Lichtwellenleiter (LWL), einer Funkverbindung, einem Satellitenkanal oder einer Kombination dieser Übertragungsmedien bestehen. Solche Kanäle können nicht direkt die Folge binärer Ziffern von dem
10 Sender übertragen. Dazu muß die Folge digitaler Information in Signalwerte umgesetzt werden, die den Eigenschaften des Kanals entsprechen. Eine solche Einrichtung wird digitaler Modulator genannt. Ein solcher Modulator ist Teil des Kanalcodierers 3, der zusätzlich einen diskreten Kanalcodierer
15 umfaßt, um die zu übertragende Information mit einem dem Kanal angepaßten Fehlerschutz zu versehen.

Von dem Übertragungskanal 4 wird nicht vorausgesetzt, daß er fehlerfrei arbeitet, sondern es wird angenommen, daß eine
20 Störungsquelle 5 mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit die übertragenen Signale während der Übertragung verändert.

Solche Störungen können beispielsweise ein Übersprechen von Signalen sein, die auf benachbarten Kanälen übertragen
25 werden. Die Störungen können ebenso durch thermisches Rauschen hervorgerufen werden, das in den elektronischen Schaltungen, wie z.B. Verstärkern und Filtern, erzeugt wird, die in dem Sender und dem Empfänger verwendet werden. Bei Leitungsverbindungen können Störungen zusätzlich durch
30 Umschaltungen verursacht werden und bei Funk- oder Satellitenverbindungen durch Wettereinflüsse, wie beispielsweise Gewitter, Hagel oder Schnee. Solche Einflüsse verändern das übertragene Signal und verursachen Fehler in der empfangenen digitalen Signalfolge.

Um trotzdem eine relativ zuverlässige Übertragung zu gewährleisten, erhöht der Kanalcodierer die Redundanz der zu übertragenden (binären) Sequenz. Mit Hilfe dieser vom Sender hinzugefügten Redundanz wird der Empfänger bei der DeCodierung der informationstragenden Signalfolge unterstützt. Zu diesem Zweck wird beispielsweise vom Kanalcodierer eine bestimmte Anzahl von Signalen zu Blöcken zusammengefaßt und eine Anzahl von Kontrollsignalen (im einfachsten Fall ein Paritätsbit) hinzugefügt. Auf diese Weise werden immer gleichzeitig k -Informationsbit codiert, wobei jede k -Bit-Sequenz einer eindeutigen n -Bit-Sequenz, dem sogenannten Codewort, zugeordnet wird. Die auf diese Weise hinzugefügte Redundanz läßt sich durch das Verhältnis n/k angeben. Dies entspricht ebenso der Kanalbandbreite, die entsprechend erhöht werden muß, um die um die hinzugefügte Redundanz erweiterte Informationssequenz zu übertragen.

Alternativ kann eine erhöhte Zuverlässigkeit gegenüber Kanalarstörungen, z.B. auch durch eine Erhöhung der Sendeleistung erreicht werden. Da die Erhöhung der Sendeleistung jedoch relativ teuer ist, wird in der Regel, bei verfügbarer Bandbreite, die Zuverlässigkeit durch die Erhöhung der erforderlichen Kanalbandbreite erzielt.

Bei der Übertragung von immer einem Bit mit der Datenrate R bit/s ordnet der Modulator der binären Ziffer 0 einen Signalverlauf bzw. einen Signalwert (im folgenden nur als Signalwert bezeichnet) $s_1(t)$ zu und der binären Ziffer 1 einen Signalwert $s_2(t)$. Diese Übertragung jedes einzelnen Bits durch den Kanalcodierer wird binäre Modulation genannt. Alternativ kann der Modulator k Informationsbit gleichzeitig unter Verwendung von $M = 2^k$ unterschiedlichen Signalwerten $s_i(t)$ mit $i = 1, 2, \dots, M$ übertragen, wobei jeder der 2^k möglichen k -Bit-Sequenzen einem Signalwert zugeordnet wird.

Auf der Empfängerseite eines digitalen Übertragungssystems verarbeitet der digitale Demodulator den im Kanal (ev. verändert) übertragenen Signalwert und ordnet jedem Signalwert eine einzelne Zahl zu, die eine Schätzung des übertragenen Datensymbols (z.B. binär) darstellt.

Nach Empfang eines Signals im Empfänger muß der Demodulator entscheiden, welcher der M möglichen Signalwerte gesendet wurde. Diese Entscheidung wird in einem Entscheider (Slicer) durchgeführt, wobei die Entscheidung mit minimaler Fehlerwahrscheinlichkeit getroffen werden sollte. Dieser Entscheider ordnet einen (meist aufbereiteten) Empfangswert einem der M möglichen Symbolwerte zu.

Wenn beispielsweise eine binäre Modulation verwendet wird, muß der Demodulator bei der Verarbeitung jedes empfangenen Signals entscheiden, ob es sich bei dem übertragenen Bit um eine Null oder eine Eins handelt. In diesem Fall führt der Demodulator eine binäre Entscheidung aus. Alternativ kann der Demodulator auch eine ternäre Entscheidung ausführen, wobei sich der Demodulator für "Null", "Eins" oder "keine Entscheidung" in Abhängigkeit von der Qualität des empfangenen Signals entscheidet.

Der Entscheidungsprozeß eines Demodulators kann als Quantisierung angesehen werden, bei der binäre und ternäre Entscheidungen Spezialfälle einer Demodulation sind, die Q-Pegel quantisiert, wobei $Q \geq 2$ ist. Im allgemeinen verwenden digitale Kommunikationssysteme eine höhenwertige Modulation, wobei $m = 0, 1 \dots M-1$ die M-möglichen übertragenen Symbole darstellt.

Wenn die Übertragene Information keine Redundanz enthält, muß der Demodulator in jedem vorgegebenen Zeitintervall entscheiden, welcher der M-Signalwerte übertragen wurde. Enthält die

übertragene Information dagegen Redundanz, so rekonstruiert der Demodulator die ursprüngliche Informationssequenz aufgrund des vom Kanalcodierer verwendeten Codes und der Redundanz der empfangenen Daten. Je nach den von den

5 Anwendungen bestimmten Anforderungen erzeugt der Kanalcodierer Signalblöcke, die es dem Kanaldecodierer ermöglichen, entweder nur festzustellen, ob bestimmte Störungen aufgetreten sind (fehlererkennende Codierung) oder sogar durch Störungen verursachte Fehler (bis zu einer bestimmten
10 Maximalzahl pro Signalblock) automatisch zu korrigieren (fehlerkorrigierende Codierung).

Ein Maß für die Zuverlässigkeit, mit der vom Sender zum Empfänger Nachrichten übertragen werden, stellt die Fehler-
15 rate dar. Die Fehlerrate gibt an, mit welcher durchschnittlichen Wahrscheinlichkeit ein Bitfehler am Ausgang des Decoders auftritt. Die Bitfehlerrate (Bit Error Rate) gibt die Anzahl der am Empfänger auftretenden Fehlerbits geteilt durch die Gesamtzahl der empfangenen Bits pro
20 Zeiteinheit an. Die Bitfehlerrate (oder Symbolfehlerrate wenn die Fehlerhäufigkeit von Symbolen beurteilt wird) ist das wichtigste Qualitätskriterium eines digitalen Übertragungssystems. Im allgemeinen hängt die Fehlerwahrscheinlichkeit von den Codeeigenschaften, der Art der zur Übertragung der Information über den Kanal verwendeten Signalwerte, der Sendeleistung, den Eigenschaften des Kanals, d.h., der Stärke des Rauschens, der Art der Störungen, usw., und dem Demodulations- und Decodierungsverfahren ab. Die Bedeutung der Bitfehlerrate für digitale Übertragungssysteme entspricht der
30 des Signal-Rausch-Verhältnisses (SNR) analoger Übertragungssysteme.

Die Fehlerraten, mit denen Symbole am Ausgang des Demodulators bzw. Bits am Ausgang des Dekoders auftreten, sind von
35 den Eigenschaften des Übertragungsmediums, d.h. des Übertra-

gungskanals, vom gewählten Modulations- und Codierschema und von der mittleren Leistung des Sendesignals abhängig. Zur Anpassung einer Übertragungsdatenrate an einen Übertragungskanal werden herkömmlicherweise die Übertragungseigenschaften des Übertragungskanals durch Übermittlung einer dem Empfänger bekannten Bit- bzw. Symbolsequenz festgestellt. Durch einen Soll-Ist-Vergleich läßt sich im Empfänger die Fehlerrate des Kanals ermitteln. Auf diese Weise kann die Güte der aktuellen Datenübertragung festgestellt werden. Nachteilig an diesem Verfahren ist jedoch, daß ausschließlich die Vermessung einer möglichen Kombination von Sendeleistung, Codier- und Modulationsverfahren ausgemessen werden kann. Damit nicht für jede mögliche Datenrate bzw. Sendeleistung eine eigene Messung durchgeführt werden muß, werden zum Auffinden einer optimalen Übertragungsdatenrate bzw. Sendeleistung in der Regel iterative Verfahren eingesetzt.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein verbessertes Verfahren oder eine verbesserte Vorrichtung zur Anpassung der Übertragungsdatenrate oder/und der Sendeleistung an den Übertragungskanal zu schaffen.

Diese Aufgabe wird für eine Vorrichtung mit der technischen Lehre der Patentansprüche 1 und 9 und für ein Verfahren mit der technischen Lehre der Patentansprüche 10 und 17 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Erfindungsgemäß wird eine Übertragungsdatenrate oder eine Sendeleistung in Abhängigkeit von dem gemessenen Signal-Stör-Abstand des Übertragungskanals eingestellt. Mit der Ausmessung der Übertragungsqualität, insbesondere des Signal-Stör-Abstandes, des Übertragungskanals kann der maximal mögliche Datendurchsatz ermittelt und dementsprechend eine Übertra-

gungsdatenrate festgelegt oder die Sendeleistung in Abhängigkeit von der verwendeten Übertragungsdatenrate minimiert werden.

- 5 Auf diese Weise kann unabhängig von einem gewählten Codierverfahren die Übertragungssequenz aus Modulator-Übertragungskanal-Demodulator "Online" (d.h. während der Datenübertragung) ausgemessen werden und die Sendeleistung oder/und das Codierverfahren in Abhängigkeit von der erforderlichen Datenübertragungsrate so eingestellt werden, daß eine vorgegebene Bit- bzw. Symbolfehlerrate gewährleistet wird. Die Messung des Signal-Stör-Abstandes ist die Voraussetzung, um ein Codierverfahren so festzulegen, daß für eine maximal tolerierbare Fehlerrate der maximal mögliche Datendurchsatz
- 10 gefunden werden kann und um für eine festgelegte Übertragungsrate die minimale Sendeleistung so festzulegen, daß eine maximal tolerierbare Fehlerrate nicht überschritten wird. Vorteilhaft ist insbesondere, daß für das Auffinden eines Codierverfahrens, das bezogen auf den aktuellen Übertragungskanal und das eingesetzte Modulationsverfahren die maximal
- 15 mögliche Übertragungsrate erlaubt, eine einzige Messung ausreichend ist, wohingegen herkömmlicherweise jede mögliche Kombination von Sendeleistung, Codier- und Modulationsverfahren vermessen werden muß. Daraus folgt, daß ein Wechsel der Datenrate unterbrechungsfrei möglich ist ("Soft-Switching"), solange das verwendete Modulationsschema beibehalten wird.
- 20

- Zusätzlich kann die Leistung des Senders an die erforderliche Übertragungsqualität angepaßt werden, indem in Abhängigkeit
- 30 von einer Differenz zwischen gemessenem Signal-Stör-Abstand und erforderlichem Signal-Stör-Abstand die Sendeleistung angehoben bzw. abgesenkt wird. Auf diese Weise kann die Sendeleistung basierend auf einer Messung des Signal-Stör-Abstandes optimal, d.h. geringstmögliche Sendeleistung bei
- 35 gleichzeitiger Gewährleistung der Qualitätsanforderungen und

Einhaltung der geforderten Übertragungsrate an das gewählte Übertragungsverfahren und den existierenden Übertragungskanal angepaßt werden, d.h. minimiert werden. Die Stör-Emissionen werden so minimiert und gleichzeitig wird die Übertragungskapazität benachbarter Systeme, die auf dem gleichen Frequenzband arbeiten, erhöht.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 den allgemeinen Aufbau eines Nachrichtenübertragungssystems,

Fig. 2 den Aufbau eines erfindungsgemäßen Übertragungssystems zur Anpassung der Datenrate und des Modulationsverfahrens an das Übertragungsmedium durch empfängerseitige Signal-Stör-Abstandsmessung,

Fig. 3 den Aufbau eines erfindungsgemäßen Übertragungssystems zur Anpassung der Übertragungsdatenrate, des Modulationsverfahrens und der Sendeleistung an das Übertragungsmedium durch empfängerseitige Signal-Stör-Abstandsmessung und

Fig. 4 ein Diagramm zur Veranschaulichung der "Power-Control" zur Einstellung einer Sendeleistung in Abhängigkeit von einer gemessenen und einer verwendeten Übertragungsqualität.

Bei der digitalen Informationsübertragung werden Informationen zwischen einer Nachrichtenquelle (Sender) und einem Empfänger über ein Übertragungsmedium übertragen. Eine solche Vorrichtung, die sich zwischen dem Sender und dem Empfänger befindet, wird im allgemeinen als Kanal bezeichnet.

Für die Übertragung werden die zu übertragenden Daten in

Codeworte umgewandelt, die den Übertragungseigenschaften des Nachrichtenkanals angepaßt sind, um die zu übertragenden Daten u.a. gegen Übertragungsfehler zu sichern.

5 Bei der Übertragung wird im Sender mittels einer umkehrbar eindeutigen funktionalen Zuordnung einer Bitsequenz ein Zeichen, das im allgemeinen als Symbol im Signalraum oder Kanalsymbol bezeichnet wird, zugeordnet. Dieses Symbol wird anschließend auf einen diesem Symbol zugeordneten Signalver-
10 lauf (im folgenden als Signalwert bezeichnet) abgebildet. Die funktionale Zuordnung eines oder mehrerer Symbole zu einer Bitsequenz im Sender wird Codierung oder Mapping genannt, die Abbildung eines oder mehrerer solcher Symbole auf einen Signalwert wird Modulation genannt.

15

Die Umkehrung dieser Abbildungsreihenfolge findet im Empfänger statt. Während die Demodulation, d.h. die Zuordnung eines Empfangssignals zu einem Symbol aufgrund von Verzerrungen oder überlagerten Störungen des Kanals in der Regel nicht
20 fehlerfrei durchgeführt werden kann, bereitet die Decodierung, d.h., die Überführung eines detektierten Symbols in die entsprechende Bitsequenz keine Probleme.

In Fig. 2 ist der Aufbau eines Übertragungssystems dargestellt, das nach Bestimmung der Qualität des Übertragungskanals eine gewünschte Datenrate einstellt. Eine digitale Information, insbesondere eine Bitsequenz 13, wird von einem Sender 10 über einen Übertragungskanal 11 zu einem Empfänger 12 übertragen, der die empfangene digitale Information, insbesondere die Bitsequenz 25, ausgibt. Der Kanal-Codierer 14 des Senders 10 enthält einen digitalen Kanal-Codierer 50, einen Bit/Symbol Umsetzer 15 und einen Modulator 17. Der digitale Kanal-Codierer 50 fügt zum einlaufenden Bitstrom 13 Redundanz hinzu. Der so gebildete codierte Bitstrom 51 wird
30 im Bit/Symbol-Umsetzer 15 in eine Symbolsequenz 16 umgesetzt,
35

die ihrerseits durch einen Modulator 17 umkehrbar eindeutig auf einen Signalverlauf bzw. Signalwerte 18 abgebildet wird. Die Signalwerte 18 werden über den Übertragungskanal 11 zum Empfänger 12 übertragen.

5

Der Kanal-Decodierer 20 des Empfängers 12, der die empfangenen Signalwerte 19 in eine digitale Information 25 umsetzt, enthält als wesentliche Komponente einen Demodulator 55, einen Symbol/Bit-Umsetzer 24 und einen digitalen Kanal-Decodierer 52. Im Demodulator werden die empfangenen Signalwerte 19 zunächst von einer analogen und optionalen digitalen Signalverarbeitungs-Einheit, die z.B. einen Empfangsverstärker, eine A/D-Umsetzung und einen Entzerrer beinhalten könnte, aufbereitet. Die so aufbereiteten Signalwert 21 werden anschließend einem Entscheider bzw. Slicer 22 zugeführt, der jeden empfangenen Signalwert 21 ein Symbol 23 zuordnet.

Der Symbol/Bit-Umsetzer 24 des Kanal-Decodierers 20 ordnet jedem detektierten Symbol bzw. jeder detektierten Symbolsequenz 23 gemäß dem gewählten Mapping-Verfahren eine codierte, digitale Information bzw. eine codierte Bitsequenz 53 zu, aus der mit Hilfe des digitalen Kanal-Decodierers 52 gemäß dem gewählten Codier-Verfahren die digitale Information bzw. der Bitstrom 25 abgeleitet wird.

Der Entscheider (Slicer) 22 ist ein grundsätzlicher Bestandteil jedes Demodulators. Ein solcher Entscheider ordnet einem in der Regel aufbereiteten Empfangswert das Symbol bzw. die Symbole zu, die am wahrscheinlichsten gesendet wurde. Da die Menge der Eingangswerte des Entscheiders aufgrund von Störungen oder Verzerrungen des Übertragungskanals in der Regel nicht den "gültigen" Signalwerten des Senders entspricht, d.h. den Signalwerten, die den zu sendenden Symbolen zugeordnet werden, kann aus dem Eingangssignal 21 und

dem Ausgangssignal 23 des Entscheiders der am Entscheidereingang anliegende Signal-Stör-Abstand 28 unabhängig vom eingesetzten Codier- und Mapping-Algorithmus ermittelt werden. Zu diesem Zweck weist ein erfindungsgemäßer Empfänger eine Einrichtung 27 zur Messung des Signal-Stör-Abstandes (signal-to-noise-ratio SNR) der über den Übertragungskanal 11 übertragenen Information auf.

Bei einer möglichen Ausführungsform einer Einrichtung zur Messung des Signal-Stör-Abstandes wird im Demodulator auf der Empfängerseite jedem detektierten Symbol wieder ein Signalwert 60 zugeordnet, den der Eingang des Entscheiders im Demodulator empfangen hätte, wenn der dem detektierten Symbol entsprechende Signalverlauf bzw. Signalwert unverfälscht übertragen worden wäre. Auf diese Weise wird ein den detektierten Symbolwerten entsprechendes hypothetisches Eingangssignal gebildet, das keine Signalwerte mit Kanalverzerrungen und -störungen enthält. Dieses Referenzsignal entspricht - solange der Entscheider keine falschen Symbole detektiert - somit dem ursprünglichen Signal auf der Senderseite. Durch Subtraktion dieses Referenzsignals vom aufbereiteten Empfänger-Signal 21 läßt sich das Störsignal gewinnen.

Die mittlere Leistung dieses so gebildeten Referenzsignals entspricht der mittleren Leistung des empfangenen, ungestörten Signalanteils. Die mittlere Leistung des am Entscheidereingang anliegenden Signals entspricht der Summenleistung von empfangenem Stör- und Signalanteil. Aus diesem wird mit Hilfe des zuvor berechneten ungestörten Signalanteils die Störleistung berechnet. Aus dem Verhältnis der mittleren Leistung des ungestörten Signalanteils zu der mittleren Leistung des Störanteils ergibt sich der Signal-Stör-Abstand (SNR) als Maß für die Übertragungsqualität des Übertragungskanals.

Mit einem solchen Verfahren wird vermieden, daß dem Empfänger eine bestimmte Sendefolge bekannt sein muß, wie es bei anderen herkömmlichen Verfahren notwendig ist. Zudem erfolgt die Ermittlung der Fehlerrate parallel zur Auswertung der übertragenen Symbole, also "online". Für die fortlaufende Messung der Übertragungsqualität ist daher eine periodische Einstreuung einer Meßsequenz in den zu übertragenden Datenstrom nicht mehr erforderlich. Auf diese Weise kann eine Reduktion der Nettodatenrate des Übertragungskanals vermieden werden.

Zur Gewährleistung einer großen statistischen Sicherheit muß ein herkömmliches Verfahren, das eine dem Sender und Empfänger bekannte Testsequenz verwendet, eine große Anzahl von Fehlern erfassen, in der Regel einige Hundert. Für die im allgemeinen geforderten, sehr niedrigen Bitfehlerraten von beispielsweise 10^{-9} benötigen die herkömmlichen Verfahren sehr lange Meßzeiten, um eine entsprechende Anzahl von Fehlern zu detektieren. Dem erfindungsgemäßen Verfahren liegt dagegen die Auswertung des gemessenen Signal-Stör-Abstandes während der laufenden Übertragung zugrunde. Da für die Auswertung der mittleren Leistungen jedoch nur wesentlich kürzere Meßzeiten erforderlich sind als für die vergleichbare Auswertung des Symbol- bzw. Bitstromes läßt sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren sehr viel schneller die Übertragungsqualität bestimmen.

Zwischen dem Signal-Stör-Abstand 28 (auch als Signal-Rausch-Verhältnis bezeichnet) und einer Symbolfehlerrate bzw. Bitfehlerrate besteht in Abhängigkeit von dem gewählten Codier- und Mapping-Verfahren immer ein eindeutiger funktionaler Zusammenhang. Der Signal-Stör-Abstand qualifiziert damit unabhängig vom gewählten Codier- bzw. Mapping-Verfahren die Übertragungseigenschaften des Kanals und des momentan gewählten Modulations- bzw. Demodulations-Verfahrens. Über eine

Ausmessung des Signal-Stör-Abstandes 28 eines Übertragungs-
kanals 11 kann somit das Codier- bzw. das Mapping-Verfahren
des aktuellen Modulations/Demodulations-Verfahrens so festge-
legt werden, daß für eine gerade noch tolerierbare Fehlerrate
5 ein gewünschter Datendurchsatz eingestellt werden kann. Zu
diesem Zweck wird das ermittelte Signal-Rausch-Verhältnis 28
einer Einrichtung 29 zur Ermittlung einer maximalen Übertra-
gungsdatenrate 30 bzw. eines Codier- und Mapping-Verfahrens
zugeleitet. Die Einrichtung 29 bestimmt in Abhängigkeit von
10 dem vorzugsweise in Dezibel (dB) ermittelten Signal-Stör-
Abstand 28 gemäß einem bekannten Zusammenhang ein Codier- und
Mapping-Verfahren bzw. eine maximale Übertragungsdatenrate 30
für das aktuelle Modulations- und Demodulations-Verfahren,
die bei dem vorhandenen Signal-Stör-Abstand 28 einen maxima-
15 len Datendurchsatz ermöglicht. Als Parameter der Umsetzungs-
kennlinie der Einrichtung 29 können die maximal tolerierbare
Fehlerrate 61 und das Modulations-Verfahren 62 auftreten. In
Abhängigkeit von der gemessenen Übertragungsqualität 28 des
Übertragungskanals 11, und in Abhängigkeit von dem aktuellen
20 Modulations/Demodulations-Verfahren 62 und in Abhängigkeit
von einer maximal zulässigen Fehlerrate bei der Übertragung
der digitalen Information 61 kann auf diese Weise ein Codier-
schema (Code 1, Code 2 ... Code 6) und Mapping-Schema (Map. 1
... Map. 6) ausgewählt werden, das angesichts der tatsäch-
lichen Verhältnisse einen maximalen Datendurchsatz für das
aktuelle Modulations/Demodulations-Verfahren mit einer vorbe-
stimmten Zuverlässigkeit ermöglicht.

Die Einrichtung 29 kann sowohl im Empfänger 12 als auch im
30 Sender 10 angeordnet sein. In jedem Fall muß entweder der
ermittelte Signal-Stör-Abstand 28 oder die ermittelte maxi-
male Übertragungsdatenrate bzw. das ausgewählte Codier- und
Mapping-Verfahren 30 über eine Datenverbindung 31 zum Sender
übertragen werden.

Die Information über das Codier- und Mapping-Verfahren, mit dem für das aktuelle Modulations/Demodulations-Verfahren eine maximale Übertragungsdatenrate 30 erreicht werden kann, wird im Sender einer Steuereinrichtung 33 zugeführt. Diese Steuereinrichtung wählt aufgrund der maximal möglichen Datenübertragungsrate und der zur Übertragung digitaler Information 13 jeweils erforderlichen Datenübertragungsrate 32 eine tatsächlich verwendete Datenübertragungsrate 34 aus, die über ein festzulegendes Codier-, Mapping- und Modulations-Schema zu realisieren ist. Diese Information-Datenrate einerseits und/oder Codier-, Mapping- und Modulations-Verfahren andererseits - wird sowohl den korrespondierenden Komponenten des Kanalcodierers 14 des Senders 10, wie Codierer 50, Bit/Symbol Umsetzer 15 und Modulator 17, als auch über eine Datenverbindung 35 den korrespondierenden Komponenten des Kanaldecodierers 20 des Empfängers 12, wie Demodulierer 55, Symbol/Bit-Umsetzer 24 und Decodierer 52 zugeleitet.

Im folgenden wird der Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung beim Systemstart eines Übertragungssystems beschrieben. Das Einmessen eines Übertragungssystems wird sinnvollerweise mit der niedrigst möglichen Übertragungsdatenrate (auf das jeweilige Modulationsverfahren bezogen) und mit der maximal möglichen Sendeleistung durchgeführt. Auf diese Weise wird eine niedrige Symbolfehlerrate gewährleistet, die Voraussetzung für eine hohe Qualität einer empfängerseitigen Signal-Stör-Abstandsmessung ist. In diesem Fall weisen auch die allgemein eingesetzten adaptiven Verfahren zur Signalaufbereitung die kürzesten Einschwingzeiten auf und eine möglichst große Systemreichweite wird bezogen auf eine maximal zulässige Fehlerrate erreicht. Für die Festlegung des Codier- und Mapping-Verfahrens, das für den Übertragungskanal (und das momentan eingesetzte Modulationsverfahren) eine maximal mögliche Übertragungsdatenrate erlaubt, ist dann nur eine einzige Messung erforderlich.

Wenn die gewünschte Datenrate über unterschiedliche Modulationsverfahren ermöglicht werden soll, so muß für jedes mögliche Modulationsschema ein Meßvorgang durchgeführt werden.

5 Nachfolgend wird der Betrieb des erfindungsgemäßen Übertragungssystems während des Systembetriebs beschrieben. Vorteilhafterweise erfolgt die Ausmessung des Übertragungskanals "Online" basierend auf dem übertragenen Datenstrom. Eine Erniedrigung der Netto-Übertragungsdatenrate zur Realisierung einer außerhalb der Nutzdaten erfolgenden Übertragungskanalvermessung ist deshalb nicht erforderlich. Die Ausmessung des Signal-Stör-Abstandes einer tatsächlich verwendeten Übertragungsdatenrate ist ausreichend, um die Übertragungsqualität auch mit Hilfe anderer Codier- bzw. Mapping-Vorschriften realisierter Übertragungsdatenraten beurteilen zu können. Das System kann daher schon im voraus aufgrund der mit einer aktuellen Datenübertragungsrate durchgeführten Signal-Stör-Abstandsmessung die Übertragungseigenschaften auch anderer Übertragungsdatenraten beurteilen. Ein mehrmaliges iteratives Ausmessen für verschiedene Übertragungsdatenraten ist insofern das Modulations-Verfahren nicht verändert wird, nicht mehr erforderlich.

25 Solange eine Übertragungsdatenrate lediglich aufgrund einer neuen Codiervorschrift bzw. Mapping-Vorschrift und nicht aufgrund eines veränderten Modulationsverfahrens geändert wird, bleiben auch die im Demodulator eingesetzten adaptiven Verfahren im eingeschwungenen Zustand. Ein Wechsel der Datenrate ist daher unterbrechungsfrei möglich ("Soft-Switching"). 30 Wird die Anpassung der Datenrate allerdings über einen Wechsel des Modulationsschemas realisiert, so muß das System neu eingemessen werden und ein "Soft-Switching" ist nicht möglich.

35 In Fig. 2 ist eine Ausführungsform beschrieben, bei der durch

empfängerseitige Bestimmung des Signal-Stör-Abstandes die maximal mögliche Übertragungsdatenrate bestimmt und diese an die Sendeseite übermittelt wird, die ihrerseits basierend auf der erwünschten und auf der maximal möglichen Übertragungs-

5 datenrate eine tatsächlich verwendete Übertragungsdatenrate festlegt und an die entsprechenden Komponenten im Sender und Empfänger weitergibt. In Fig. 3 ist im Gegensatz dazu ein Ausführungsbeispiel beschrieben, das zusätzlich eine Regelung der Ausgangsleistung des Senders durchführt. Die Anpassung

10 der Sendeleistung an den Kanal und an das gewünschte Übertragungsverfahren wird im folgenden als "Power Control" bezeichnet. Soweit Fig. 3 dieselben Einrichtungen wie in Fig. 2 aufweist, sind diese mit denselben Bezugszeichen versehen. In dieser Ausführungsform findet die Auswertung der empfänger-

15 seitig ermittelten Übertragungs-qualität 28 des Übertragungskanals 11 auf der Senderseite statt. Der Sender weist dazu eine Einrichtung 41 auf, die wie die Einrichtung 29 der Fig. 2, ein Codierschema bzw. eine maximale Übertragungsdatenrate des Übertragungskanals 11 ermittelt.

20 Der Einrichtung 41 wird zusätzlich zu der vom Empfänger 12 ermittelten Übertragungsqualität 28, die über die Datenverbindung 40 an den Sender weitergeleitet wird, die zur Übertragung der digitalen Information 13 erforderliche Datenrate

25 32 zugeleitet. Aufgrund der zur Übertragung der jeweiligen digitalen Information 13 jeweils maximal zulässigen Fehler-rate wird ein Codier- bzw. Mapping- und Modulations-Verfahren mit einer tatsächlichen Übertragungsdatenrate 34 ausgewählt. Diese ausgewählte Übertragungsdatenrate 34 wird, wie in der

30 Ausführungsform, die anhand von Fig. 2 beschrieben ist, an den Kanalcodierer 14 und den Kanaldecodierer 20 weitergeleitet.

Die vom Modulator 14 erzeugten Signalwerte 44 werden im Sen-

35 der 10 zusätzlich an eine Einrichtung 43 zur Regelung der

Sendeleistung weitergeleitet. Das von der Einrichtung 43 erzeugte Signal 45 wird anschließend über den Übertragungskanal 11 übertragen. Von der Einrichtung 41 wird außerdem die zur Übertragung minimal erforderliche Sendeleistung ermittelt. Die ermittelte Sendeleistung wird über ein Sendeleistungssignal 42 dem Übertragungssignalverstärker 43 zugeführt.

In Abhängigkeit von der Differenz zwischen einer gemessenen Übertragungsqualität 46 des Übertragungskanals 11 und einer Übertragungsqualität 47, die dem ausgewählten Codier- bzw. Mapping- und Modulations-Verfahren (mit einer Übertragungsdatenrate 34 und mit einer bestimmten maximal zulässigen Fehlerrate) entspricht, wird eine Anpassung der Sendeleistung des Übertragungssignalverstärkers 43 bewirkt. Das heißt, wenn die ermittelte Übertragungs-signalqualität des Übertragungskanals 46 oberhalb der erforderlichen Übertragungsqualität 47 liegt, wird die Sendeleistung entsprechend vermindert. Liegt die erforderliche Übertragungsqualität 47 über der Übertragungsqualität des Senders, so muß die Sendeleistung erhöht werden.

In dieser zweiten Ausführungsform liefert also die Differenz aus gemessenem Signal-Stör-Abstand 46 und dem zur Realisierung einer bestimmten Übertragungsdatenrate notwendigen Signal-Stör-Abstand 47 ein Maß für die Anhebung bzw. Absenkung der momentanen Sendesignal-Leistung. Wenn die zur Realisierung einer bestimmten Übertragungsdatenrate notwendigen Sendeleistung vom Sendemodul nicht erbracht werden kann, so kann das Übertragungssystem als Übertragungsdatenrate bestenfalls die momentan maximal mögliche Übertragungsdatenrate realisieren.

Ein solches erfindungsgemäßes System zur Anpassung eines Übertragungssystems an den verwendeten Übertragungskanal

eignet sich insbesondere zur Verwendung mit der "asymmetric digital subscriber line"-Technologie. Diese sogenannte ADSL-Technologie macht ebenso wie andere XDSL-Technologien herkömmliche Kupfertelefonleitungen als Hochgeschwindigkeits-
5 zubringer für datenintensive Anwendungen tauglich. Gleichzeitig bleibt die Verfügbarkeit der gewohnten Telefonsprachdienste auf derselben Leitung erhalten. Aufbauend auf der bereits vorhandenen Verkabelung stellen solche Technologien Datenraten zur Verfügung, die beispielsweise ISDN um ein
10 Vielfaches übertreffen. Damit werden die Beschränkungen des bestehenden öffentlichen Informationsnetzwerkes aufgehoben, das sich bisher lediglich zur Übertragung von Sprache, Text und Graphiken mit niedriger Auflösung eignete. Mit solchen Technologien wird das herkömmliche Kupferkabeltelefonnetz zu
15 einem leistungsfähigen System, das sich zur Übertragung von Multimedialinhalten an alle Haushalte eignet.

Durch die Verwendung der herkömmlichen Telefonleitungen wird jedoch ein hoher Rauschanteil in Kauf genommen, der umso
20 größer wird, je größer die zu überbrückende Distanz ist. Die zu überbrückende Distanz solcher Technologien liegt im Mittel zwischen 500 m und 6 km.

Der Rauschanteil nimmt jedoch nicht nur mit zunehmender Länge sondern ebenso aufgrund von Übersprechen von benachbarten
25 Leitungen zu. Mit Hilfe der erfindungsgemäßen adaptiven Ausmessung und Anpassung kann sich bei einem solchen Verfahren das Übertragungssystem automatisch der Qualität der vorhandenen Übertragungsleitung anpassen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Anpassung einer Übertragungsdatenrate an die Übertragungsqualität eines Übertragungskanal (11) mit

5

einem Qualitätsmesser (27) zur Ermittlung der Übertragungsqualität (28) des Übertragungskanals (11) und

10

einer Bestimmungseinrichtung (29) zur Bestimmung einer maximalen Übertragungsdatenrate des Übertragungskanals (11) in Abhängigkeit von der ermittelten Übertragungsqualität (28).

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,

15

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Bestimmungseinrichtung (29) die maximale Übertragungsdatenrate (28) in Abhängigkeit von einer bestimmten maximal zulässigen Fehlerrate ermittelt.

20

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Bestimmungseinrichtung (29) zur Ermittlung der maximalen Übertragungsdatenrate (28) ein entsprechendes Codierverfahren oder Mappingverfahren bestimmt.

25

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Vorrichtung zusätzlich eine Auswahleinrichtung (33) zur Auswahl einer Übertragungsdatenrate (34) in Abhängigkeit von der von der Bestimmungseinrichtung (29) ermittelten maximalen Übertragungsdatenrate (30) und in Abhängigkeit von einer bestimmten angeforderten Übertragungsdatenrate (32) umfaßt.

30

35 5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Auswahleinrichtung (33) zur Auswahl der Übertragungs-
datenrate (34) mit einer bestimmten maximal zulässigen
Fehlerrate ein Codierverfahren und Mappingverfahren auswählt.

5

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß

10 der Qualitätsmesser (27) die Übertragungsqualität (28)
jeweils für verschiedene Modulationsverfahren ermittelt,

die Bestimmungseinrichtung (29) die maximale Übertragungsda-
tenrate (30) für jedes der verschiedenen Modulationsverfahren

15 bestimmt und

die Auswahleinrichtung (33) zusätzlich das verwendete Modula-
tionsverfahren auswählt.

20 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß der Sender (10) zur Übertragung digitaler Information
(13) über den Übertragungskanal (11) enthält:

25 eine digitale Kanal-Codiereinrichtung (50) zur Codierung der
digitalen Information, einen Bit/Symbol-Umsetzer 15 zur Dar-
stellung der digitalen Information (13) in Form von Symbolen
(16) und

30 einen Modulator (17) zur Abbildung der Symbole (16) auf
Signalwerte (18) zur Übertragung über den Übertragungskanal
(11),

und daß der Empfänger (12) enthält:

35

einen Demodulator (55) zur Umwandlung empfangener Signalwerte (19) in detektierte Symbole (23) und

eine Symbol/Bitumsetzung (24) zur Umsetzung des empfangenen
5 Symbolstroms (23) in einen codierten Bitstrom (53) und

eine Decodiereinrichtung (24) zur Darstellung der detektier-
ten Symbole (23) als detektierte digitale Information (25).

10 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Sender (10) zusätzlich umfaßt:

einen einstellbaren Übertragungssignalverstärker (43) und

15

eine Steuereinrichtung (41) zur Anhebung oder Absenkung der
Sendeleistung des Übertragungssignalverstärkers (43) in
Abhängigkeit von einer Differenz zwischen der von dem Quali-
tätsmesser (27) ermittelten Übertragungsqualität (46) des
20 Übertragungskanals (11) und der Übertragungsqualität (47),
die für die verwendete Übertragungsdatenrate (34) mit einer
bestimmten maximal zulässigen Fehlerrate erforderlich ist.

25 9. Vorrichtung zur Anpassung der Sendeleistung für die Über-
tragung digitaler Information (13) über einen Übertragungs-
kanal (11) mit einem Qualitätsmesser (27) zur Ermittlung
einer Übertragungsqualität (28) des Übertragungskanals (11),
und

30 einer Steuereinrichtung (43) zur Anhebung oder Absenkung der
Sendeleistung in Abhängigkeit von einer Differenz zwischen
der von dem Qualitätsmesser (27) ermittelten Übertragungs-
qualität (46) und einer Übertragungsqualität (47), die für
eine zur Übertragung der digitalen Information (13) verwen-
35 dete Übertragungsdatenrate (34) mit einer bestimmten maximal

zulässigen Fehlerrate erforderlich ist.

10. Verfahren zur Anpassung einer Übertragungsdatenrate für die Übertragung digitaler Information (13) über einen Übertragungskanal (11) an die Qualität des Übertragungskanals (11) mit folgenden Schritten:

Ermittlung der Übertragungsqualität (28) des Übertragungskanals (11) und

10

Bestimmung einer maximalen Übertragungsdatenrate (30) des Übertragungskanals (11) in Abhängigkeit von der ermittelten Übertragungsqualität und dem verwendeten Modulationsverfahren (28).

15

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die maximale Übertragungsdatenrate (32) zusätzlich in Abhängigkeit von einer bestimmten maximal zulässigen Fehlerrate (61) bestimmt wird.

20

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich eine Übertragungsdatenrate (34), ein Mappingalgorithmus und ein entsprechendes Codierverfahren in Abhängigkeit von der von der Bestimmungseinrichtung (29) ermittelten maximalen Übertragungsdatenrate (30) des Übertragungskanals (11) und in Abhängigkeit von einer angeforderten Übertragungsdatenrate (32) und maximal tolerierbaren Fehlerrate (61) ausgewählt wird.

30

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch

35

Detektieren der empfangenen Signalwerte (21) und Abbilden der detektierten Signalwerte auf detektierte Symbole (23) und Umwandlung der detektierten Symbole (23) in eine detektierte digitale Information (25).

5

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß als Maß für die Übertragungsqualität (28) der Signal-Stör-Abstand bestimmt wird.

10

18. Verfahren zur Anpassung einer Sendeleistung für die Übertragung digitaler Information (13) über einem Übertragungskanal (11) an die Übertragungsqualität des Übertragungskanals (11) mit den folgenden Schritten:

15

Ermittlung des Signal-Stör-Abstands (46) des Übertragungskanals (11),

20

Anhebung oder Absenkung der Sendeleistung in Abhängigkeit von der Differenz zwischen dem ermittelten Signal-Stör-Abstand (46) des Übertragungskanals (11) und dem Signal-Stör-Abstand (47) der zur Übertragung der digitalen Information (13) verwendeten Übertragungsdatenrate (34).

die Übertragungsqualität (28) jeweils für verschiedene Modulationsverfahren ermittelt wird,

für jedes Modulationsverfahren eine maximal mögliche Datenrate (30) des Übertragungskanals (11) bestimmt wird und

das zu verwendende Modulationsverfahren in Abhängigkeit von der für jedes Modulationsverfahren ermittelten maximalen Übertragungsdatenrate (30) ausgewählt wird.

10

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß eine Sendeleistung zur Übertragung der digitalen Information (13) über den Übertragungskanal (11) in Abhängigkeit von der Differenz zwischen der ermittelten Übertragungsqualität (46) des Übertragungskanals (11) und der Übertragungsqualität (47), die für die eingestellte Übertragungsdatenrate mit einer bestimmten maximal zulässigen Fehlerrate erforderlich ist, angehoben oder abgesenkt wird.

20

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß zur Übertragung der digitalen Information (13) die folgenden Schritte ausgeführt werden:

25

Darstellen der digitalen Information (13) in Form von Symbolen (16),

Abbilden der Symbole (16) auf Signalwerte (18),

30

Übertragung der Signalwerte (18) über den Übertragungskanal (11),

Empfangen der übertragenen Signalwerte (21),

35

Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zur Anpassung einer Übertragungs-
datenrate oder einer Sendeleistung an die Übertragungsquali-
5 tät eines Übertragungskanals

Zur Anpassung einer Übertragungsdatenrate an einem vorhan-
denen Übertragungskanal wird erfindungsgemäß die Sendelei-
10 stung und/oder das Codierverfahren so ausgewählt, daß in
Abhängigkeit von der Übertragungsqualität des Übertragungs-
kanals eine maximal mögliche Übertragungsdatenrate bzw.
minimale Sendeleistung verwendet werden kann.

15 FIG. 2

Fig. 1

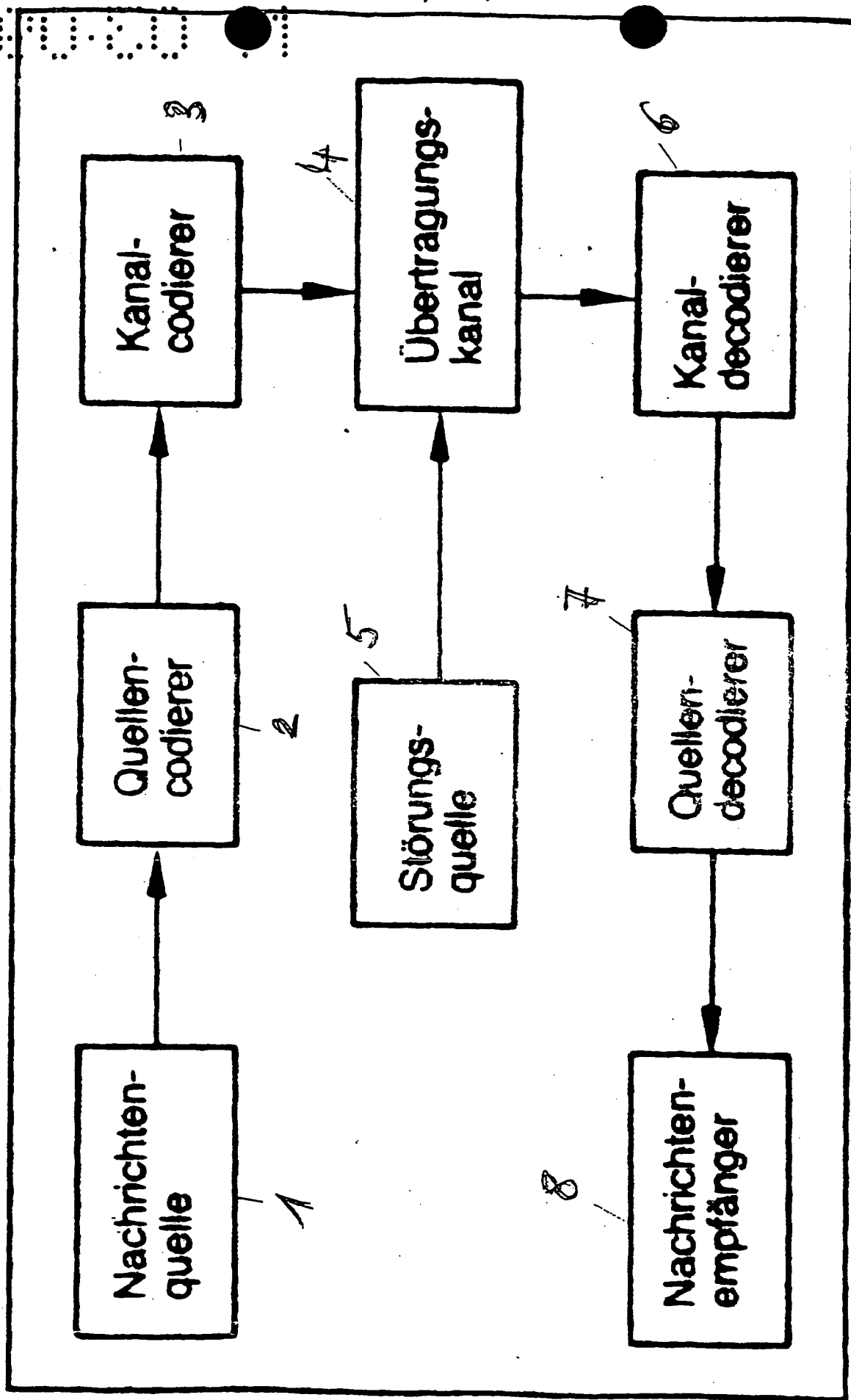
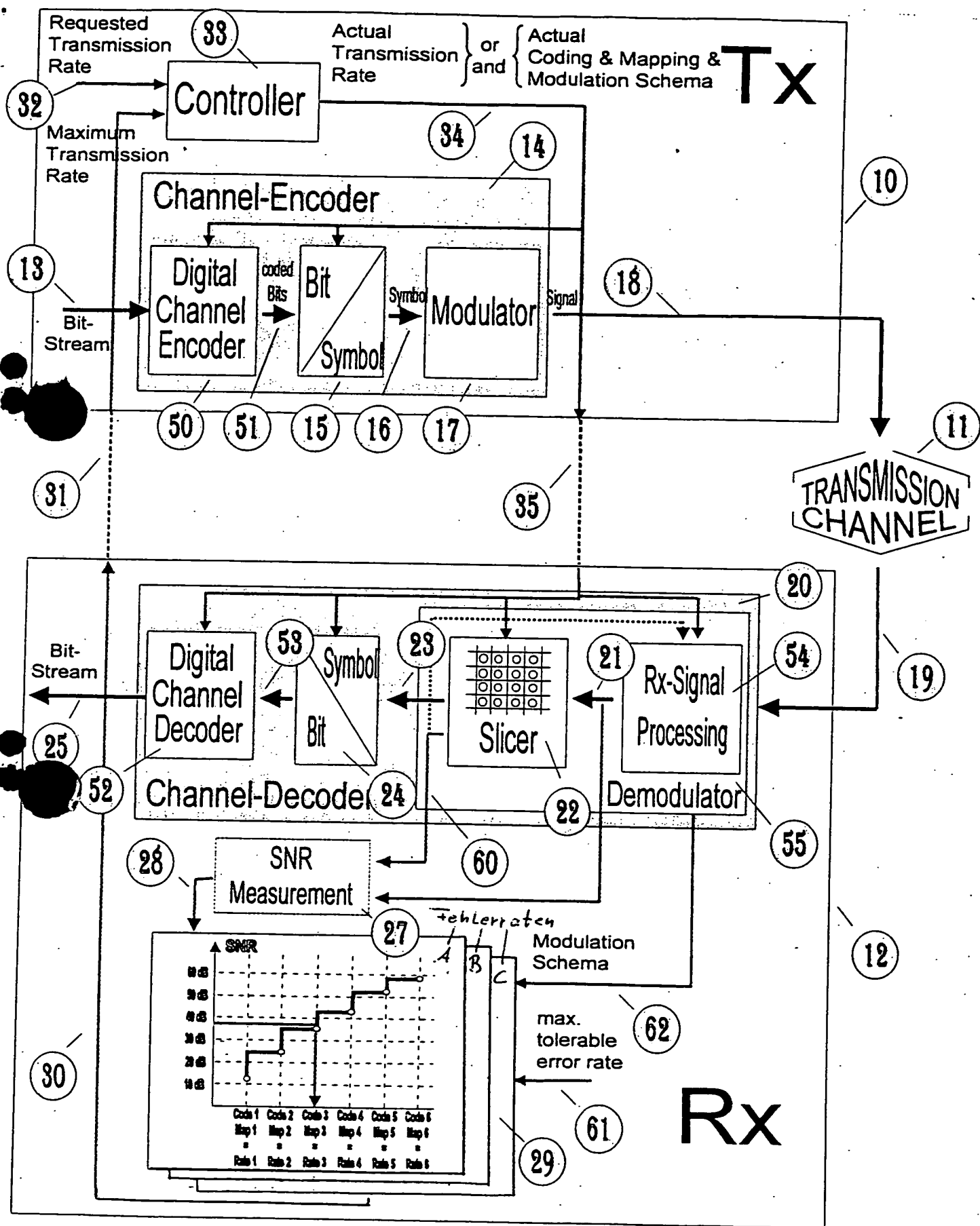
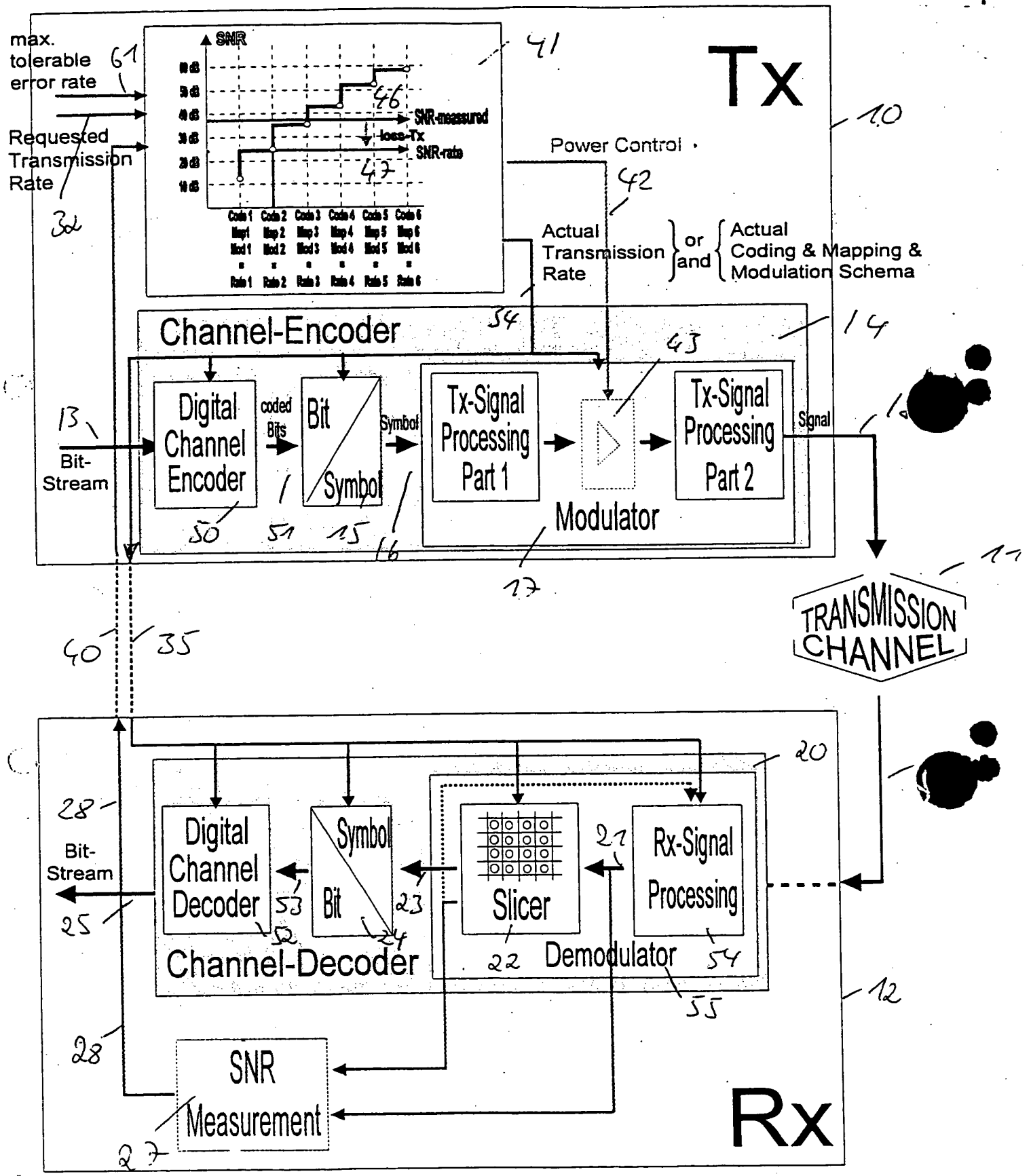


fig. 2

11.03.09.99





03.09.99

41

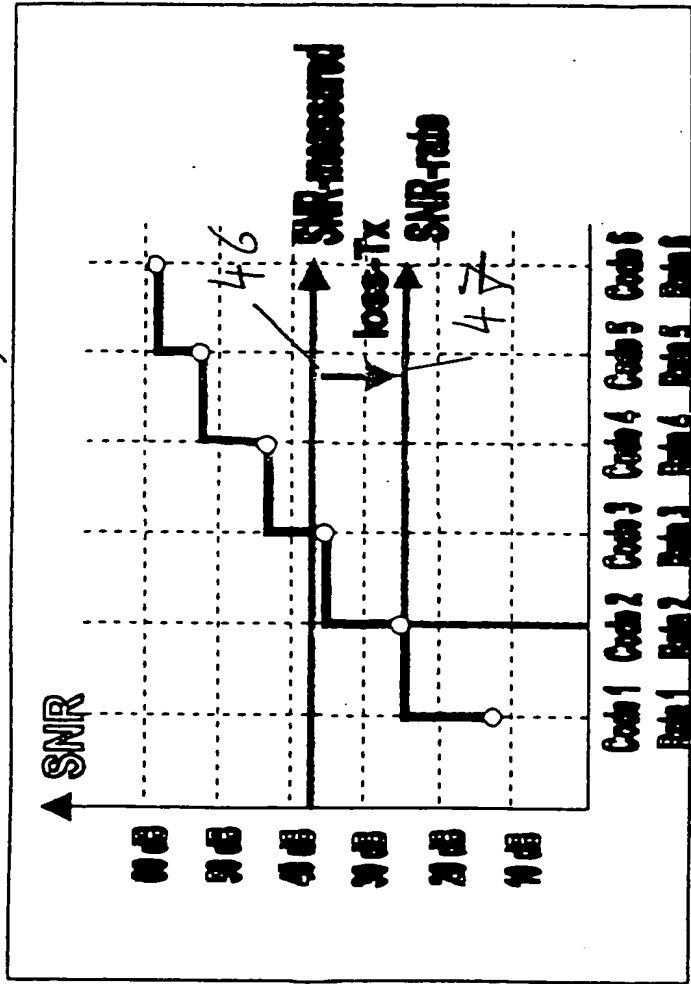


Fig. 4

00-00-00 01

THIS PAGE BLANK (USPTO)